

## Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Tanah Longsor Berbasis Mikrokontroler ATmega328 Menggunakan Metode Penginderaan Berat

Elvira Mardhatillah\*, Wildian

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas, Padang  
Kampus Unand Limau Manis, Pauh Padang 25163

\*elviramardhatillah95@gmail.com

### ABSTRAK

Suatu sistem peringatan dini tanah longsor berbasis mikrokontroler ATmega328 telah dirancang-bangun untuk mendeteksi dan menginformasikan pergeseran tanah permukaan. Metode yang digunakan adalah metode penginderaan berat dengan sistem sensor yang terdiri dari sebuah pegas (dengan panjang 10 cm, diameter 2 cm, dan konstanta pegas 245 N/m) dimana sebuah LED (*Light Emitting Diode*) dilekatkan kepada salah satu ujung pegas dan sebuah fotodiode pada ujung lainnya. Sistem sensor dipasang di dasar lereng. Ketika terjadi pergeseran tanah dalam arah bidang gelinciran, ujung atas pegas akan tertekan oleh gaya berat bidang tanah yang bergeser sehingga jarak antara LED dan fotodiode makin pendek. Sinyal ini kemudian dikondisikan sehingga dapat diproses oleh mikrokontroler. Sistem ini mampu mengaktifkan indikator LED untuk status siaga 1 (pergeseran tanah sebesar 1,03 cm), siaga 2 (2,14 cm), siaga 3 (3,24 cm), dan bahaya (4,33 cm; bunyi *buzzer*) dengan persentase *error* 1,46% dalam menghitung pergeseran tanah.

Kata kunci : fotodiode, mikrokontroler ATmega328, pegas, sistem peringatan dini, tanah longsor

### ABSTRACT

*A landslide early warning system based on the microcontroller ATmega328 using weight sensing method to detect the surface displacement has been designed. The sensor system consists of a spring (10 cm long, the diameter of 2 cm, and the spring constant of 245 N/m) where an LED is attached to one end and a photodiode to the other end. The sensor system is installed at the bottom of the slope. When the land surface displaced in the direction of sliding plane, the upper end of the spring is compressed by the weight of the loading on upper slopes, and causes the distance between the LED and the photodiode to be shorter. This signal is then conditioned, so that it can be processed by a microcontroller. This system is capable to activate the LED indicator for the status of alertness I (mass displacement of 1.03 cm), alertness II (2.14 cm), alertness III (3.24 cm), and danger (4.33 cm; buzzer on) with error 1.46% for calculate soil movement.*

*Keywords: photodiode, microcontroller ATmega328, spring, early warning system, landslide*

## I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara paling rawan terhadap bencana alam di dunia. Hal ini didasarkan pada data statistik yang dikeluarkan *United Nations International Strategy for Disaster Reduction* (UNISDR) (BBC, 2011). UNISDR menyebutkan bahwa untuk bencana tanah longsor, Indonesia menduduki peringkat pertama dari 165 negara, dengan jumlah korban manusia sebesar 197.327 orang (Endaryono, 2015). Pusat data informasi dan Humas Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) mendukung data yang dikeluarkan UNISDR bahwa bencana alam dengan korban jiwa terbanyak di Indonesia terjadi akibat tanah longsor hingga November 2016 (BNPB, 2016).

Faktor pemicu terjadinya tanah longsor antara lain pergeseran permukaan tanah, sudut kemiringan lereng, intensitas curah hujan, dan tekanan aliran air melalui pori-pori tanah. Bencana tanah longsor perlu mendapatkan perhatian serius dari berbagai pihak, termasuk para peneliti di perguruan tinggi. Semua penelitian tentang tanah longsor mengacu pada upaya untuk memprediksi atau mendeteksi faktor-faktor tersebut.

Iswanto dkk. (2009) merancang sistem peringatan dini tanah longsor berdasarkan penginderaan pergeseran permukaan tanah menggunakan *optocoupler* (fototransistor dan LED) dan intensitas curah hujan. Rangkaian ini dipasang secara paralel menggunakan patok pada daerah tanah longsor. Pada saat tanah bergeser lebih 4 cm dan curah hujan mencapai 100 mm/hari maka sistem berbasis mikrokontroler ATmega8535 ini akan membunyikan sirine tanda bahaya. Penelitian serupa dilakukan Darmastri (2011) menggunakan LED (*Light Emitting*

*Diode*) dan LDR (*Light Dependent Resistor*) sebagai sensor pergerakan tanah. Sensor pergerakan tanah ini dipasang paralel menggunakan patok. Patok lalu dihubungkan ke LDR dan LED menggunakan kawat baja elastis. Saat tanah bergeser, patok juga ikut bergerak menarik kawat baja sehingga LED menjauhi LDR. Perubahan jarak LED dan LDR akan dicatat sebagai jarak pergeseran tanah. Sistem alarm pada rangkaian akan bekerja saat mencapai batas yang ditentukan.

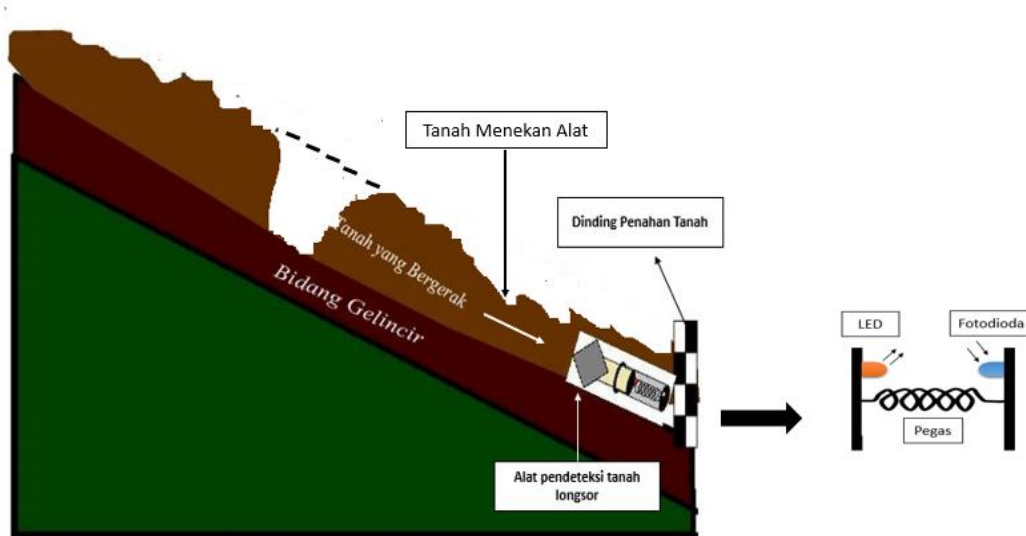
Penelitian Iswanto dan Darmastri menggunakan asumsi bahwa ada bagian tanah yang tidak ikut bergeser. Bagian tersebut digunakan sebagai lokasi penanaman patok permanen (acuan). Penggunaan asumsi ini cenderung bersifat spekulatif karena sangat sulit memastikan bagian tanah yang tidak ikut bergeser.

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, maka dibuat sebuah penelitian untuk merancang-bangun sistem peringatan dini tanah longsor berbasis mikrokontroler ATmega328 menggunakan metode penginderaan berat. Sistem sensor pergeseran tanah terdiri dari LED, fotodioda, dan pegas. Metode penginderaan berat adalah metode yang digunakan dalam merancang-bangun sistem deteksi dini tanah longsor yang dapat menampilkan pergeseran tanah dari berat tanah yang menekan sistem sensor pada dasar lereng. Metode ini efektif digunakan dalam perancangan alat ini karena alat akan mengindera pergeseran tanah yang terjadi dari titik manapun tanpa ada tanah yang di asumsikan tidak bergeser. Pergeseran tanah sebanding dengan besar pergeseran pegas pada sistem sensor. Fotodioda adalah dioda semikonduktor yang mampu mengonversi atau mengubah cahaya menjadi arus listrik dan beroperasi dengan cara panjar mundur menyebabkan elektron mengalami efek foto listrik sehingga menghasilkan arus listrik di dalam fotodioda. Arus listrik yang mengalir akan memengaruhi resistansi dan tegangan yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang-bangun prototipe sistem peringatan dini tanah longsor menggunakan metode penginderaan berat. Sistem ini memberikan informasi besar pergeseran tanah yang ditampilkan melalui LCD 2x16 dan menginformasikan status siaga maupun bahaya melalui sistem kontrol yang terdiri dari lampu indikator dan *buzzer*.

## II. METODE

### 2.1 Perancangan Prototipe Sistem Peringatan Dini Tanah Longsor

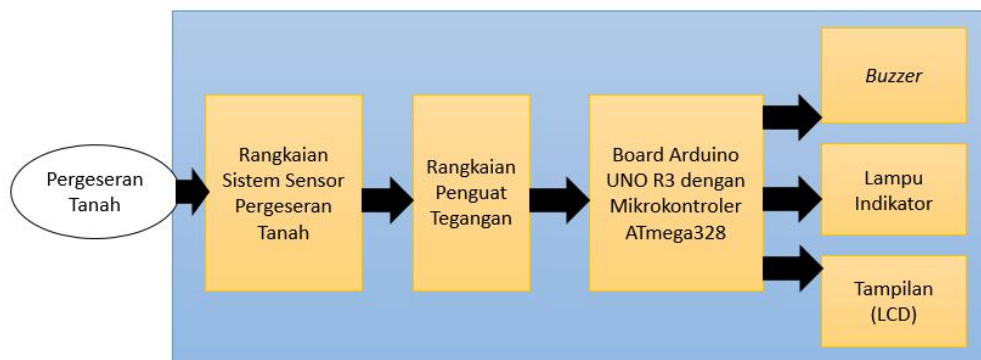
Perancangan bentuk prototipe dimulai dari perancangan bentuk fisik alat untuk mendeteksi pergeseran tanah. Prototipe terdiri dari sistem sensor pergeseran tanah yang dilengkapi dengan pegas yang akan memendek jika dikenai beban. Jika terjadi longsor maka massa tanah akan bergerak ke bawah memberikan gaya dorong pada penampang alat, maka pegas akan mengalami pemendekan dan jarak antara LED dan fotodioda akan semakin dekat. Semakin dekat jarak LED dengan fotodioda maka akan menghasilkan intensitas cahaya yang besar dan resistansi fotodioda semakin kecil. Prinsip pembagi tegangan adalah nilai resistansi yang kecil akan menghasilkan tegangan keluaran yang kecil, sehingga diperlukan penguatan *non-inverting* agar bisa diproses pada mikrokontroler. Sistem kontrol yang digunakan terdiri dari lampu indikator dan *buzzer*. Lampu indikator akan hidup sesuai dengan jarak pergeseran tanah yang sudah diprogram. Lampu indikator ini berfungsi untuk peringatan siaga lebih awal sebelum terjadinya tanah longsor. Saat jarak pergeseran tanah sudah maksimum maka *buzzer* akan berbunyi yang menandakan terjadinya tanah longsor. Jarak pergeseran tanah akan ditampilkan LCD 2 x 16. Desain sistem peringatan dini tanah longsor dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Bentuk keseluruhan dari prototipe

## 2.2 Perancangan Diagram Blok Sistem

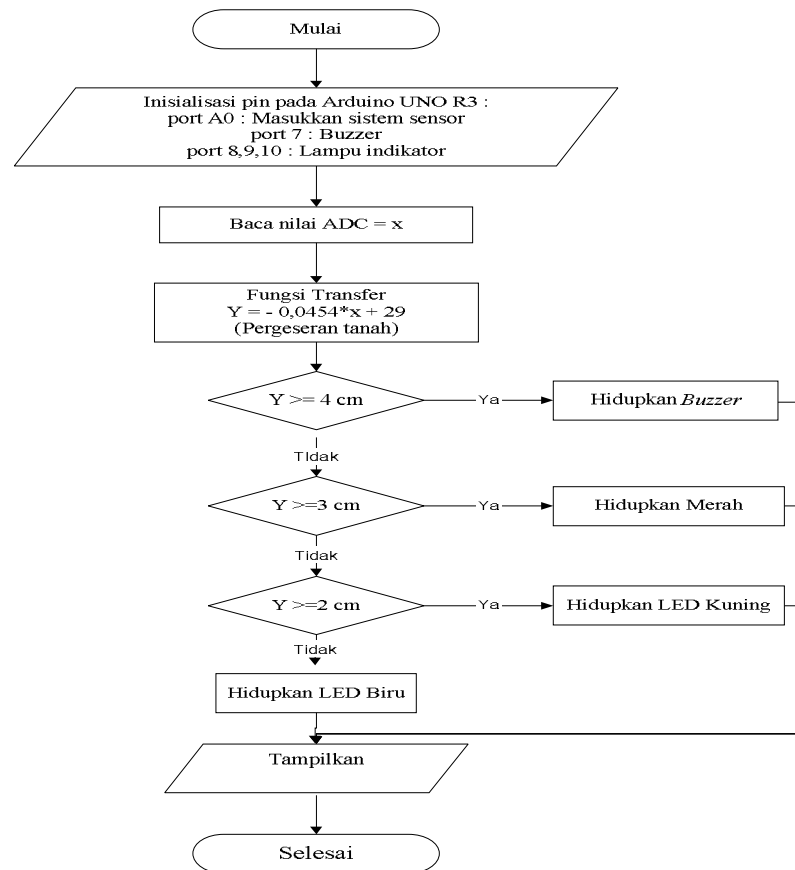
Diagram blok sistem terdiri dari blok rangkaian sensor pergeseran tanah (terdiri dari fotodiode dan LED yang dihubungkan dengan pegas) yang menjadi sistem untuk mengontrol pergeseran tanah, blok rangkaian penguat tegangan sebagai penguat sinyal keluaran dari sistem sensor, blok board Arduino Uno R3 dengan mikrokontroler ATmega328 untuk mengontrol sistem rangkaian, blok rangkaian lampu indikator dari LED, blok *buzzer* sebagai peringatan akan terjadinya longsor, dan blok tampilan pergeseran tanah melalui LCD seperti dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram blok sistem peringatan dini tanah longsor

## 2.3 Perancangan Program pada PC

Perancangan program menggunakan *software* Arduino 1.6. Program diawali dengan inisialisasi pin mikrokontroler. Program dibuat sesuai dengan *port* yang telah ditentukan sebelumnya sebagai masukan dan keluaran. *Port* A0 sebagai *port* masukan dari sistem sensor, sedangkan untuk *port* keluaran menggunakan *port* digital sebagai keluaran berupa bunyi *buzzer* dan lampu indikator. Diagram alir program dapat dilihat pada Gambar 3.

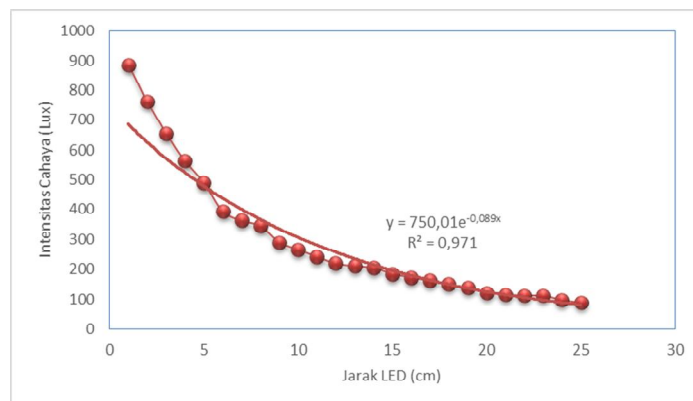


Gambar 3 Diagram alir program

### III. HASIL DAN DISKUSI

#### 3.1 Karakterisasi Sensor Fotodiode

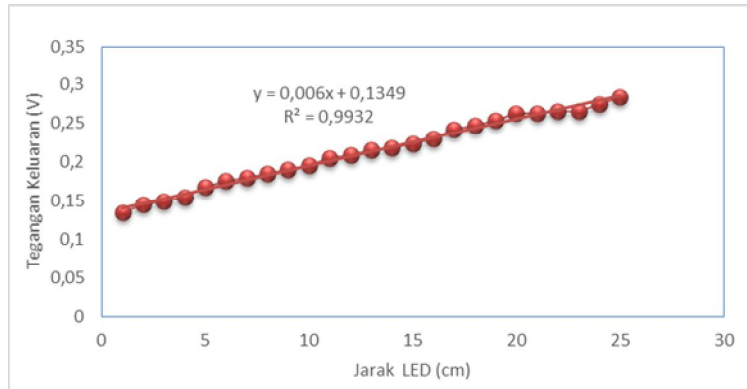
Grafik karakterisasi intensitas cahaya pada lux meter terhadap jarak ditampilkan pada Gambar 4. Karakterisasi ini dilakukan untuk melihat hubungan antara jarak LED dengan intensitas cahaya yang diterima lux meter. Dapat dilihat bahwa intensitas cahaya mengalami penurunan terhadap jarak yang berbentuk eksponensial. Hal ini disebabkan oleh intensitas cahaya yang diterima lux meter berbanding terbalik dengan kuadrat jarak LED. Semakin jauh jarak LED dengan lux meter maka intensitas cahaya yang dihasilkan semakin kecil. Hubungan yang didapatkan sesuai dengan teori intensitas penerangan.



Gambar 4 Grafik hubungan antara jarak LED dan intensitas cahaya

Grafik tegangan keluaran sensor fotodiode terhadap jarak LED dapat dilihat pada Gambar 5. Karakterisasi sensor hubungan antara tegangan keluaran dengan jarak LED

dilakukan untuk melihat sensitivitas dari sensor fotodioda. Sensitivitas yang didapatkan 0,006 V/cm dengan tegangan *offset* sebesar 0,1349V. Jika semakin besar jarak maka tegangan keluaran yang dihasilkan sensor fotodioda akan semakin besar. Hal ini disebabkan oleh fotodioda yang diletakkan pada posisi  $R_2$  dalam rangkaian pembagi tegangan.



**Gambar 5** Grafik hubungan antara jarak LED dan tegangan keluaran fotodioda

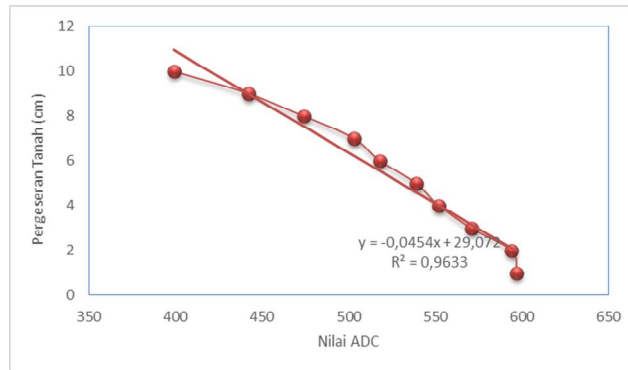
### 3.2 Karakterisasi Sistem Sensor Pergeseran Tanah

Sistem ini bekerja untuk mendeteksi perubahan jarak geser tanah berdasarkan metode penginderaan berat tanah yang menekan sensor. Tanah yang bergeser menuju dasar lereng, akan menekan pegas pada sistem sensor sehingga pergeseran tanah pada lereng akan sebanding dengan pergeseran pegas pada sistem sensor. Semakin besar gaya berat yang menekan sistem sensor maka LED dan fotodioda akan semakin dekat, sehingga intensitas cahaya semakin besar dan tegangan keluaran fotodioda akan semakin kecil. Data hasil karakterisasi pergeseran tanah dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1** Hasil karakterisasi pergeseran tanah dengan nilai ADC

Jarak Pergeseran Tanah (cm)	Jarak LED dengan Fotodioda (cm)	Tegangan Keluaran (V)	Nilai ADC
10	1	1,948	399
9	2	2,161	442
8	3	2,318	474
7	4	2,463	503
6	5	2,533	518
5	6	2,632	539
4	7	2,696	552
3	8	2,790	571
2	9	2,904	594
1	10	2,917	597

Gambar 6 menunjukkan grafik dengan fungsi transfer dan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,9633 yang bersifat linier dan sensitif untuk digunakan pada prototipe tersebut. Fungsi transfer yang didapatkan dijadikan masukkan program pada PC untuk menjalankan alat yang dirancang. Nilai negatif yang dihasilkan pada fungsi transfer menyatakan hubungan berbanding terbalik antara pergeseran tanah yang terjadi dengan nilai ADC yang dihasilkan. Semakin besar pergeseran tanah maka nilai ADC akan semakin kecil.



**Gambar 6** Grafik hubungan nilai ADC dengan pergeseran tanah

### 3.3 Pengujian Rancang Alat Secara Keseluruhan

Besar pergeseran tanah yang terukur oleh alat dibandingkan dengan mistar pada uji skala laboratorium. Hal ini dilakukan untuk melihat persentase *error* yang terjadi pada alat yang telah dibuat dalam menghitung pergeseran tanah. Hasil pengujian ini dilakukan dengan cara menekan sistem sensor sesuai dengan ukuran pada mistar. Data pengujian ketepatan besar pergeseran tanah dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2** Hasil uji ketepatan besar pergeseran tanah

Jarak pergeseran tanah diukur dengan alat (cm)	Jarak pergeseran tanah diukur dengan mistar (cm)	Error (%)
0	0	0
1,00	1	0
1,96	2	2,04
2,85	3	5,26
3,93	4	1,78
5,02	5	0,40
5,98	6	0,34
6,87	7	1,89
Jumlah persentase <i>error</i>		11,71
Rata-rata persentase <i>error</i>		1,46

Tabel 2 menunjukkan bahwa kesalahan pada alat yang menghitung pergeseran tanah hanya 1,46% pada uji skala laboratorium. Persentase kesalahan pada alat sangat kecil sehingga alat ini dapat digunakan dalam menghitung pergeseran tanah. Pergeseran tanah yang dihitung sama dengan pergeseran pegas pada sistem sensor saat berat tanah menekan sistem sensor.

Selanjutnya dilakukan pengujian terhadap sistem peringatan dini tanah longsor di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi menggunakan simulasi tanah longsor buatan. Setiap level pergeseran tanah yang terjadi maka lampu indikator dan *buzzer* akan hidup sesuai dengan status siaga yang ditentukan. Penentuan siaga dengan pergeseran tanah tertentu berbeda pada setiap lereng. Setiap lereng memiliki stabilitas yang berbeda dan kondisi tanah yang berbeda sehingga pergeseran tanah yang terjadi pada setiap lereng juga akan berbeda. Status siaga dengan pergeseran tanah ( $x$ ) dibuat mendekati penelitian oleh Darnastri pada tahun 2011 dengan status siaga I ( $1 \leq x < 2$ ), siaga II ( $2 \leq x < 3$ ), siaga III ( $3 \leq x < 4$ ), dan bahaya ( $x \geq 4$ ). Data pengujian secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Pengujian rancang alat secara keseluruhan

Pergeseran (cm)	Status	Alarm
1,03	Siaga I	Lampu Indikator Biru
2,14	Siaga II	Lampu Indikator Kuning
3,24	Siaga III	Lampu Indikator Merah
4,33	Bahaya	<i>Buzzer</i>

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan data dan analisis serta pengujian hasil keseluruhan rancang bangun sistem deteksi dini tanah longsor menggunakan metode pendinderaan berat yang telah dirancang, dapat bekerja seperti yang telah direncanakan dan berjalan sesuai dengan yang diinginkan. Pembacaan besar pergeseran tanah yang ditampilkan pada layar LCD 16x2 dan sistem alarm (lampu indikator dan *buzzer*) diproses menggunakan mikrokontroler ATmega328. Sistem peringatan dini tanah longsor ini juga mampu mengaktifkan indikator LED untuk status siaga 1 (pergeseran tanah sebesar 1,03 cm), siaga 2 (2,14 cm), siaga 3 (3,24 cm), dan bahaya (4,33 cm; bunyi *buzzer*). Kesalahan rata-rata pada pembacaan pergeseran tanah adalah 1,46%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- BBC, Indonesia Negara Rawan Bencana, 2011, diakses November 2016.
- BNPB, Data dan Informasi Bencana Indonesia, 2016, diakses Oktober 2016.
- Darmastri, R.H.S., "Ekstensometer Digital", Skripsi S1, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, 2011.
- Endaryono, B., Bencana, Perubahan Iklim, dan Pohon Kurma, 2015, diakses November 2016.
- Iswanto, Nia, M.R., dan Alif, S., "Sistem Peringatan Dini Tanah Longsor Berbasis ATmega8535", Jurnal *Instrumentational And Robotic*, Vol.1, No.2, UPN Veteran Yogyakarta, 2009.
- Oktavianty, N.U., "Rancang Bangun Alat Ukur dan Indikator Kadar Air Gabah Siap Giling Berbasis Mikrokontroler dengan Sensor Fotodioda", Jurnal Fisika Unand, Vol.5, No.1, hal 94-100 (2016).